Доклады Национальной академии наук Беларуси

2002 март—апрель Том 46 № 2

УДК 514.76

Б. Б. КОМРАКОВ

ЧЕТЫРЕХМЕРНЫЕ ОДНОРОДНЫЕ НЕРАЗРЕШИМЫЕ ПРОСТРАНСТВА ЭЙНШТЕЙНА

(Представлено академиком И. В. Гайшуном)

Пусть $(\bar{G}, M)$ — однородное пространство, $G = \bar{G}_x$ — стационарная подгруппа произвольной точки $x \in M$, и $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ — пара алгебр Ли, соответствующая паре групп Ли $(\bar{G}, G)$. Заметим, что пара $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ локально однозначно определяет однородное пространство $(\bar{G}, M)$. Глобальное строение всех однородных пространств, соответствующих данной паре, приводится в [1].

Псевдориманово однородное пространство называется *пространством Эйнштейна*, если метрика g удовлетворяет уравнению Эйнштейна $R - \lambda g = 0$, где R — тензор Риччи метрики g, λ — произвольное вещественное число.

В данной работе представлена локальная классификация четырехмерных однородных неразрешимых пространств Эйнштейна, допускающих инвариантную псевдориманову метрику произвольной сигнатуры, а также локальная классификация четырехмерных однородных неразрешимых пседоримановых пространств, на которых уравнение Эйнштейна не имеет решения.

Локальная классификация четырехмерных однородных неразрешимых лоренцевых пространств Эйнштейна предъявлена в [2], а четырехмерных однородных неразрешимых нейтральных (допускающих инвариантную псевдориманову метрику сигнатуры (2,2)) пространств Эйнштейна предъявлена в [3].

Глобальная классификация четырехмерных однородных пространств Эйнштейна в случае римановой метрики может быть найдена в [4]. Известна также полная классификация всех четырехмерных римановых однородных пространств [5, 6].

Полная локальная классификация четырехмерных псевдоримановых однородных пространств произвольной сигнатуры представлена в [7, 8].

Определение. Пару $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называем *псевдоримановой*, если соответствующее однородное пространство $(\bar{G}, M)$ допускает инвариантную псевдориманову метрику. Пару $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называем *эйнштейновой*, если эта метрика удовлетворяет уравнению Эйнштейна. Пару $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ называем *неразрешимой*, если алгебра Ли $\bar{\mathfrak{g}}$ неразрешима.

Замечание.

1. Через $\mathfrak{r}_2 = \langle p, q \rangle$ обозначаем следующую алгебру Ли: $[p, q] = p$.

2. Через $\mathfrak{n}_3 = \langle h, p, q \rangle$ обозначаем алгебру Ли со следующим ненулевым коммутационным соотношением: $[p, q] = h$.

3. Через $\mathfrak{n}_5 = \langle h, p_1, p_2, q_1, q_2 \rangle$ обозначаем алгебру Ли со следующими ненулевыми коммутационными соотношениями:

$[h, q_1] = p_1$, $[h, q_2] = p_2$, $[q_1, q_2] = h$.

Теорема 1. *Любая неразрешимая эйнштейнова пара* $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ *коразмерности* 4 *эквивалентна одной и только одной из следующих пар:*

1. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R})\times\mathfrak{r}_2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1,1);$

2. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2)\times\mathfrak{r}_2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2);$

3. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R})\times\mathfrak{r}_2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2);$

4. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R}) \leftthreetimes \mathbb{R}^2,\ \mathfrak{g} = \left\{\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ z & 0 \end{pmatrix} \middle|\ z\in\mathbb{R}\right\};$

5. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R})\times\mathfrak{sl}(2,\mathbb{R}),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1,1)\times\mathfrak{so}(1,1);$

6. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R})\times\mathfrak{su}(2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1,1)\times\mathfrak{so}(2);$

7. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R})\times\mathfrak{sl}(2,\mathbb{R}),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1,1)\times\mathfrak{so}(2);$

8. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2)\times\mathfrak{su}(2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2)\times\mathfrak{so}(2);$

9. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2)\times\mathfrak{sl}(2,\mathbb{R}),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2)\times\mathfrak{so}(2);$

10. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R})\times\mathfrak{sl}(2,\mathbb{R}),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2)\times\mathfrak{so}(2);$

11. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})_{\mathbb{R}},\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2,\mathbb{C})_{\mathbb{R}};$

12. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{R}) \leftthreetimes \mathbb{R}^2,\ \mathfrak{g} = \left\{\begin{pmatrix} x & y \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \middle|\ x, y\in\mathbb{R}\right\};$

13. $\bar{\mathfrak{g}} = \left\{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & x & y \\ 0 & z & -x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z\in\mathbb{R}\right\} \leftthreetimes \mathfrak{n}_3,\ \mathfrak{g} = \left\langle \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + h,\ p \right\rangle;$

14. $\bar{\mathfrak{g}} = \left(\mathfrak{sl}(2,\mathbb{R}) \leftthreetimes \mathbb{R}^2\right)\times\mathbb{R},\ \mathfrak{g} = \left\{\left[\begin{pmatrix} 0 & y \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -t \\ 0 \end{pmatrix}, t\right] \middle|\ y, t\in\mathbb{R}\right\};$

15. $\bar{\mathfrak{g}} = \left\{\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & x & y \\ 0 & z & -x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z\in\mathbb{R}\right\} \leftthreetimes \mathfrak{n}_3,\ \mathfrak{g} = \left\langle \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} - h,\ p \right\rangle;$

16. $\bar{\mathfrak{g}} = \left\{\begin{pmatrix} t & 0 & 0 \\ 0 & t+x & y \\ 0 & z & -x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z, t\in\mathbb{R}\right\} \leftthreetimes \mathfrak{n}_3,$

$$\mathfrak{g} = \left\langle \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + h,\ p \right\rangle;$$

17. $\bar{\mathfrak{g}} = \left\{\begin{pmatrix} t & 0 & 0 \\ 0 & t+x & y \\ 0 & z & -x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z, t\in\mathbb{R}\right\} \leftthreetimes \mathbb{R}^3,$

$$\mathfrak{g} = \left\{\begin{pmatrix} t & 0 & 0 \\ 0 & t & y \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \leftthreetimes \begin{pmatrix} u \\ -u \\ 0 \end{pmatrix} \middle|\ y, t, u\in\mathbb{R}\right\};$$

18. $\bar{\mathfrak{g}} = \left\{\begin{pmatrix} t & 0 & 0 \\ 0 & t+x & y \\ 0 & z & -x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z, t\in\mathbb{R}\right\} \leftthreetimes \mathfrak{n}_3,$

$$\mathfrak{g} = \left\langle \begin{pmatrix} 1\,0\,0 \\ 0\,1\,0 \\ 0\,0\,0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0\,0\,0 \\ 0\,0\,1 \\ 0\,0\,0 \end{pmatrix} - h,\ p \right\rangle;$$

19. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \ltimes (V \oplus V^*)$, *где* $V = \mathbb{R}^2$ *— естественный* $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{R})$*-модуль,* $\mathfrak{g} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R})$;

20. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{ou} \ltimes \mathbb{R}^4,\quad \mathfrak{g} = \left\{ \begin{pmatrix} 0 & y & -x & -z \\ -y & 0 & -z & x \\ x & z & 0 & y \\ z & -x & -y & 0 \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z \in \mathbb{R} \right\} \cong \mathfrak{su}(2)$;

$\mathfrak{g}$ *действует неприводимо на* $\mathbb{R}^4$;

21. $\bar{\mathfrak{g}} = (\mathfrak{so}(2,1) \oplus \mathbb{R}\mathrm{id}_{\mathbb{R}^3}) \ltimes \mathbb{R}^3,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2,1)$;

22. $\bar{\mathfrak{g}} = (\mathfrak{so}(2,1) \ltimes \mathbb{R}^3) \times \mathbb{R},\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2,1)$;

23. $\bar{\mathfrak{g}} = (\mathfrak{so}(3) \oplus \mathbb{R}\mathrm{id}_{\mathbb{R}^3}) \ltimes \mathbb{R}^3,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(3)$;

24. $\bar{\mathfrak{g}} = (\mathfrak{so}(3) \ltimes \mathbb{R}^3) \times \mathbb{R},\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(3)$;

25. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(3, \mathbb{R}),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{osl}(2, \mathbb{R})$;

26. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{osl}(2, \mathbb{R}) \ltimes (V \oplus V^*)$, *где* $V = \mathbb{R}^2$ *— естественный* $\mathfrak{osl}(2, \mathbb{R})$*-модуль,* $\mathfrak{g} = \mathfrak{osl}(2, \mathbb{R})$;

27. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(3),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{u}(2)$;

28. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2,1),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{u}(2)$;

29. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{ou} \ltimes \mathbb{R}^4, \mathfrak{ou} = \left\{ \begin{pmatrix} 0 & y & -x & -z \\ -y & 0 & -z & -t \\ x & z & 0 & y \\ z & t & -y & 0 \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z, t \in \mathbb{R} \right\} \cong \mathfrak{u}(2)$,

$\mathfrak{g}$ *действует неприводимо на* $\mathbb{R}^4$;

30. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2,1),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{gl}(2, \mathbb{R})$;

31. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{g} \ltimes \mathbb{R}^4,\ \mathfrak{g} = \left\{ \begin{pmatrix} x & y & 0 & t \\ z & -x & -t & 0 \\ 0 & t & -x & -z \\ -t & 0 & -y & x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z, t \in \mathbb{R} \right\} \cong \mathfrak{gl}(2, \mathbb{R})$,

$\mathfrak{g}$ *действует неприводимо на* $\mathbb{R}^4$;

32. $\bar{\mathfrak{g}} = \left\{ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x & y & 0 & 0 \\ 0 & z & -x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x & y \\ 0 & 0 & 0 & z & -x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z \in \mathbb{R} \right\} \ltimes \mathfrak{n}_5$,

$$\mathfrak{g} = \left\{ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & x & y & 0 & 0 \\ 0 & z & -x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x & y \\ 0 & 0 & 0 & z & -x \end{pmatrix} \middle|\ x, y, z \in \mathbb{R} \right\} \times \mathbb{R}h;$$

33. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{g} \rightthreetimes \mathbb{R}^4,\ \mathfrak{g} = \left\{ \left(\begin{array}{cccc} x & y & 0 & t \\ z & -x & -t & 0 \\ 0 & 0 & -x & -z \\ 0 & 0 & -y & x \end{array} \right) \middle| \ x, y, z, t \in \mathbb{R} \right\} \cong \mathfrak{gl}(2, \mathbb{R});$

34. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{g} \rightthreetimes \mathbb{R}^4,\ \mathfrak{g} = \left\{ \left(\begin{array}{cccc} x & y & 0 & u \\ z & t & -u & 0 \\ 0 & 0 & -x & -z \\ 0 & 0 & -y & -t \end{array} \right) \middle| \ x, y, z, t, u \in \mathbb{R} \right\};$

35. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(3, 2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2, 2);$

36. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(2, 2) \rightthreetimes \mathbb{R}^4,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2, 2);$

37. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(4, 1),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(4);$

38. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(5),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(4);$

39. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(4) \rightthreetimes \mathbb{R}^4,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(4);$

40. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(3, 2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(3, 1);$

41. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(4, 1),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(3, 1);$

42. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{so}(3, 1) \rightthreetimes \mathbb{R}^4,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(3, 1).$

Теорема 2. *Любая неразрешимая псевдориманова пара* $(\bar{\mathfrak{g}}, \mathfrak{g})$ *коразмерности* 4, *на которой уравнение Эйнштейна не имеет решения, эквивалентна одной и только одной из следующих пар:*

1. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times \mathbb{R} \times \mathbb{R},\ \mathfrak{g} = \left\{ \left[\left(\begin{array}{cc} x & 0 \\ 0 & -x \end{array} \right), x, 0 \right] \middle| \ x \in \mathbb{R} \right\};$

2. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times \mathbb{R}^2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1, 1);$

3. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \rightthreetimes \mathbb{R}^2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1, 1);$

4. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2) \times \mathbb{R} \times \mathbb{R},\ \mathfrak{g} = \left\{ \left[\left(\begin{array}{cc} 0 & x \\ -x & 0 \end{array} \right), x, 0 \right] \middle| \ x \in \mathbb{R} \right\};$

5. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times \mathbb{R} \times \mathbb{R},\ \mathfrak{g} = \left\{ \left[\left(\begin{array}{cc} 0 & x \\ -x & 0 \end{array} \right), x, 0 \right] \middle| \ x \in \mathbb{R} \right\};$

6. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2) \times \mathbb{R}^2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2);$

7. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times \mathbb{R}^2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2);$

8. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \rightthreetimes \mathbb{R}^2,\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2);$

9. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times \mathfrak{r}_2,\ \mathfrak{g} = \left\langle \left(\begin{array}{cc} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{array} \right) + p \right\rangle;$

10. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times \mathbb{R} \times \mathbb{R},\ \mathfrak{g} = \left\{ \left[\left(\begin{array}{cc} 0 & 0 \\ z & 0 \end{array} \right), z, 0 \right] \middle| \ z \in \mathbb{R} \right\};$

11. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times (\mathfrak{so}(1, 1) \rightthreetimes \mathbb{R}^2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1, 1) \times \mathfrak{so}(1, 1);$

12. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times (\mathfrak{so}(2) \rightthreetimes \mathbb{R}^2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(1, 1) \times \mathfrak{so}(2);$

13. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2) \times (\mathfrak{so}(1, 1) \rightthreetimes \mathbb{R}^2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2) \times \mathfrak{so}(1, 1);$

14. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{sl}(2, \mathbb{R}) \times (\mathfrak{so}(1, 1) \rightthreetimes \mathbb{R}^2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2) \times \mathfrak{so}(1, 1);$

15. $\bar{\mathfrak{g}} = \mathfrak{su}(2) \times (\mathfrak{so}(2) \rightthreetimes \mathbb{R}^2),\ \mathfrak{g} = \mathfrak{so}(2) \times \mathfrak{so}(2);$

16. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb R)\times(\mathfrak{so}(2) \ltimes \mathbb R^2)$, $\mathfrak g = \mathfrak{so}(2)\times\mathfrak{so}(2)$;

17. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{so}(2,1) \ltimes \mathbb R^3$, $\quad \mathfrak g = \left\langle \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \right\rangle$;

18. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{so}(2,1) \ltimes \mathbb R^3$, $\quad \mathfrak g = \left\langle \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \right\rangle$;

19. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{so}(3) \ltimes \mathbb R^3$, $\quad \mathfrak g = \left\langle \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \right\rangle$;

20. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{sl}(2,\mathbb R)\times\mathfrak r_2\times\mathbb R$, $\mathfrak g = \left\langle \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} \end{pmatrix} - q, \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + p \right\rangle$;

21. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{so}(2,2)\times\mathbb R$, $\mathfrak g = \mathfrak{so}(2,1)$;

22. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{so}(3,1)\times\mathbb R$, $\mathfrak g = \mathfrak{so}(2,1)$;

23. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{so}(3,1)\times\mathbb R$, $\mathfrak g = \mathfrak{so}(3)$;

24. $\bar{\mathfrak g} = \mathfrak{so}(4)\times\mathbb R$, $\mathfrak g = \mathfrak{so}(3)$.

Summary

This paper presents the complete local classification of four-dimensional homogeneous spaces of non-solvable Lie groups with an invariant Einstein metric of arbitrary signature and the complete local classification of four-dimensional homogeneous spaces of nonsolvable Lie groups with an invariant pseudo-Riemannian metric of arbitrary signature and the metric not satisfying the Einstein equation $R - \lambda g = 0$ where g is a metric, R is the Ricci tensor, λ is an arbitrary real number.

Литература

1. M o s t o w G. // Ann. of Math. 1950. Vol. 32.
2. К о м р а к о в Б. Б. // Успехи мат. наук. 1997. № 2. С. 169—170.
3. К о м р а к о в Б. Б. // Докл. АН Беларуси. 1997. Т. 41. № 3. С. 33—35.
4. J e n s e n G. R. // J. Diff. Geom. 1969. Vol. 3. P. 309—349.
5. Б е р а р - Б е р ж е р и Л. Однородные римановы пространства размерности 4. М., 1985. С. 45—60.
6. I s h i h a r a S. Homogeneous Riemannian spaces of four dimensions // Jour. of the Math. Soc. of Japan. 1955. Vol. 7. P. 345—370.
7. K o m r a k o v B., J n r. Four-dimensional pseudo-Riemannian homogeneous spaces. Classification of complex pairs. Preprint Univ. Oslo, 25 (May 1995).
8. K o m r a k o v B., J n r. Four-dimensional pseudo-Riemannian homogeneous spaces. Classification of real pairs. Preprint Univ. Oslo, 32 (June 1995).

Белорусский государственный университет

Поступило 27.08.2001